第 38 卷第 7 期 生 态 学 报 Vol.38,No.7
2018 年 4 月 ACTA ECOLOGICA SINICA Apr.,2018

DOI: 10.5846/stxb201704160677
李士成,李少伟,希娜·吉,次仁罗布,央珍,邓雨杰,孙维.西藏自然保护区现状分析及其空间布局评估.生态学报,2018,38(7):2557-2565.
Li S C, Li S W, Xina J, Cirenluobu, Yang Z, Deng Y J, Sun W.Analysis of current situation and assessment of spatial layout of nature reserves in the Tibet Autonomous Region.Acta Ecologica Sinica,2018,38(7):2557-2565.

西藏自然保护区现状分析及其空间布局评估

李士成[1,2],李少伟[2,3],希娜·吉[4],次仁罗布[5],央　珍[5],邓雨杰[5],孙　维[2,3,*]
1 中国地质大学(武汉)公共管理学院,武汉　430074
2 中国科学院地理科学与资源研究所,北京　100101
3 中国科学院生态系统网络观测与模拟重点实验室(拉萨站),北京　100101
4 中央民族大学民族学与社会学学院,北京　100081
5 西藏自治区科技信息研究所,拉萨　850000

摘要:对自然保护区空间布局合理性进行评估,可为管理部门制定政策提供科学依据。以自然保护区名录数据为基础,采用数理统计、时间序列分析和空间叠加分析等方法,在深入认知西藏国家级和省级自然保护区现状特点的基础上,从人文和自然角度对其空间布局合理性进行评估。结果表明:① 截至 2015 年底,西藏自然保护区面积达 41.37 万 km^2,较全面保护了西藏脆弱生态系统和国家重点保护动植物;② 西藏 1990—2015 新增国家级和省级自然保护区 2000 年以前由东南部往中西部扩展,2000 年以后主要分布在自治区中部,其空间分布和类型趋于完善;③ 从人文角度看,西藏国家级和省级自然保护区生态保护与人类活动的矛盾不突出,总体布局合理;④ 从自然角度看,各个生态地理区(植被带)内自然保护区密度较为接近,但自然保护区面积占比差异较大,空间布局还需优化。

关键词:自然保护区; 人类活动强度; 生态地理区; 空间布局; 西藏自治区

Analysis of current situation and assessment of spatial layout of nature reserves in the Tibet Autonomous Region

LI Shicheng[1,2], LI Shaowei[2,3], XINA Ji[4], CIRENLUOBU[5], YANG Zhen[5], DENG Yujie[5], SUN Wei[2,3,*]
1 *School of Public Administration, China University of Geosciences, Wuhan* 430074, *China*
2 *Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100101, *China*
3 *Lhasa Station, Key Laboratory of Ecosystem Network Observation and Modeling, Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100101, *China*
4 *School of Ethnology and Sociology, Minzu University of China, Beijing* 100081, *China*
5 *Institute of Scientific and Technological Information of Tibet Autonomous Region, Lhasa* 850000, *China*

Abstract: Assessment of the spatial layout of nature reserves can provide scientific basis for policy-makers. Most previous studies concerning nature reserves in the Tibet Autonomous Region only focused on a single nature reserve, and almost no studies have paid attention to the layout of all nature reserves in the Tibet Autonomous Region. In this study, on the basis of national nature reserves list data and employing classification, time series analysis, and spatial overlapping methods, we analyzed the current situation and spatial-temporal changes of nature reserves in the Tibet Autonomous Region and assessed the rationality of their spatial layout from the perspectives of human and nature dimensions. The results suggest that: (1) At the end of the year 2015, there were 47 nature reserves in the Tibet Autonomous Region with an area of 413.7×10^3 km^2, ranking the first place in China. Fragile ecosystems and national key protected plants and animals in the Tibet Autonomous

基金项目:西藏自治区重大科技专项(2015XZ01G74);西藏自治区自然科学基金项目(2015XZ02G18);中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(G1323531777)

收稿日期:2017-04-16; **网络出版日期**:2018-01-04

* 通讯作者 Corresponding author.E-mail: wsun@ igsnrr.ac.cn

Region were mostly covered by national and provincial nature reserves. (2) Before the year 2000, the spatial patterns of newly established nature reserves during 1990—2015 expanded from the southeastern Tibet Autonomous Region to the mid-western Tibet Autonomous Region; after 2000, more newly established nature reserves appeared in the central of the Tibet Autonomous Region. The spatial layout of nature reserves is becoming more rational. (3) From the perspective of the human dimension, the mean human influence intensity of the total nature reserves is about half of that of the Tibet Autonomous Region, indicating that the contradiction between ecological protection and human activities is not serious in terms of the spatial layout of nature reserves. For several nature reserves whose human influence intensity is greater than the average value, their spatial layout can be optimized. (4) From the perspective of the nature dimension, the densities of nature reserves in each eco-geographic region or vegetation zone are close, but the percentages of nature reserve areas in each eco-geographic region or vegetation zone are obviously different, which means that the spatial layout can be optimized further.

Key Words: nature reserve; human influence intensity; eco-geographic region; spatial layout; Tibet Autonomous Region

自然保护区是生物多样性保护的核心区域[1-3],在保护珍稀特有物种资源、典型生态系统以及珍贵自然遗迹资源等方面具有重要价值[4-7]。中国目前已建立 2740 处自然保护区,总面积达 147 万 km^2,已基本形成类型比较齐全、功能相对完善,布局较为合理的自然保护区体系[8]。然而当前我国仍处在工业化、城镇化快速发展阶段,人类开发活动与生态保护的矛盾仍然突出[9-10],自然保护区的建设管理还面临严峻挑战[11-12]。如有不少自然保护区的立标勘界未完成[13],自然保护区的空间布局评估较少开展等[14]。最新研究表明,中国自然保护区空间布局与生物多样性空间格局和生态系统服务格局匹配性不高等[3]。

西藏自治区是世界第三极的核心区[15-16],其自然保护区的发展受到国内外广泛关注[17-20]。然而,目前多数研究是针对自治区内某个或者部分自然保护区[21-22],而将全区的自然保护区作为整体,对其空间布局的合理性进行评估的研究较少[23-24]。而其整体布局是否合理,则直接关系到西藏自然保护区的科学管理与人类的可持续发展[3, 11]。

有鉴于此,本研究以《2015 年全国自然保护区名录》为数据基础,在分析西藏自治区国家级和省级自然保护区现状的基础上,从人文和自然两个角度来对西藏自然保护区空间布局的合理性进行评估,以期为其空间布局优化提供科学参考。

1 研究区简介

西藏自治区北部是昆仑山、冈底斯山、念青唐古拉山为骨架的藏北高原,往南则是以雅鲁藏布江干、支流河谷为主的藏南谷地,东南侧紧密排列着南北向的高山峡谷[25]。总地势由西北向东南倾斜,平均海拔从 5000m 以上渐次递减至 4000m 左右。西藏辐射强烈,但气温低,年均温为-2.8—12.0℃,降水和气温均由东南向西北递减[26]。此外,西藏是中国河流数量最多的省区之一,也分布了星罗棋布的湖泊。西藏植被从东南到西北依次为森林、草甸、草原、荒漠和高山植被。西藏还是世界生物多样性保护的热点区域之一[27]。西藏人类活动主要分布在雅江中游以及自治区东部等地区,且近年来呈增强的趋势[28]。

2 数据与方法

2.1 数据来源

西藏自然保护区数量、面积、主要保护对象、类型、级别以及始建时间等引自中华人民共和国环境保护部发布的《2015 年全国自然保护区名录》。《中国自然保护区区划系统研究》及其附图[29]提供了巴结巨柏、察隅慈巴沟、拉鲁湿地、类乌齐马鹿、芒康滇金丝猴、羌塘、色林错、雅鲁藏布大峡谷、雅鲁藏布江中游河谷黑颈鹤和珠穆朗玛峰共 10 个自然保护区的空间分布,予以直接引用。中国生态地理区划、中国植被区划、西藏 1990 年 1km 人口数据、1990 年土地利用数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心。1990 年道路矢量数据引自

国家基础地理信息中心,放牧强度数据引自生态 10 年成果[30]。

2.2 研究方法

本研究首先选取数量、面积、类型和空间分布等指标,采用分级统计、分类汇总和荟萃分析等方法,对西藏自治区国家级和省级自然保护区现状特点进行分析。要指出的是,对于 13 个空间分布还不明确的自然保护区的空间分布,本研究参照《2015 年全国自然保护区名录》、《西藏自然和生态》以及相关自然保护区网站和前人研究[3,19]提供的信息进行勾绘。

接下来,将人类活动强度与自然保护区空间叠加,来探究自然保护区设立时生态保护与人类活动之间是否存在矛盾。基于国际上广泛应用的评估方法[28,31],并结合西藏自治区的特点,选取人口密度、土地利用、道路、放牧强度等主导因子,依据其对环境扰动程度的不同,分别进行赋值量化,最后累加得到人类活动强度。考虑到上述数据的特点,将评估分辨率设定为 1km。其概念模型如公式(1)所示。

$$\mathrm{HII}(i)=\mathrm{popden}(i)+\mathrm{landuse}(i)+\mathrm{road}(i)+\mathrm{grazden}(i) \tag{1}$$

式中,HII(i)为人类活动强度;popden(i)为赋值量化后的人口密度因子;landuse(i)为赋值量化后的土地利用因子;road(i) 为赋值量化后的道路扰动因子,grazden(i) 为赋值量化后的放牧强度因子。

自然保护区建成以后,保护区内部限制甚至禁止人类活动,而未设立保护区的地方人类活动不受限制,所以当前的人类活动强度并不能用来评估保护区设立时生态保护与人类活动之间的矛盾。因此,应以自然保护区建立以前的人类活动强度来评估保护区设立时空间布局的合理性。同时考虑到数据的可得性,本研究选取 1990 年的人类活动强度数据与自然保护区空间分布进行叠加。

最后,将自然保护区空间分布与中国生态地理区划和中国植被区划进行空间叠加,从自然的角度评估自然保护区空间布局的合理性。选取自然保护区在各个生态地理区和植被带内的类型、密度和面积等指标进行评估。自然保护区密度是指每万平方千米自然保护区的数量。要指出的是部分自然保护区跨生态地理区和植被带,数量统计时本研究按其在各个区(带)内的面积占比进行分配。

3 结果与分析

3.1 基本现状特征

截至 2015 年底,西藏共建有自然保护区 47 个,其中国家级有 9 个,自治区级有 14 个,地市县级有 24 个。从数量的变化看,1993—2003 自然保护区数量增加比较多,其中 1993 年前后是西藏自然保护区数量增加最为明显的一个时点,速度明显要高于全国(图 1)。

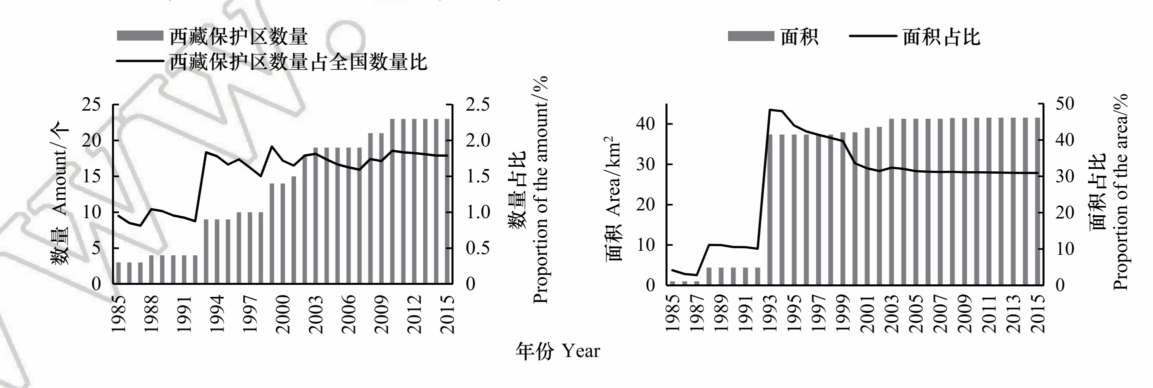


图 1　西藏国家级和自治区级自然保护区数量和面积随时间变化

Fig.1　Changes of number and area of national and provincial nature reserves in the Tibet Autonomous Region for 1985—2015

2015 年底全区自然保护区面积达到 $41.37\times10^4\,\mathrm{km}^2$,在全国 31 个省市自治区中排名第一位,约占全自治区国土面积的 34.47%,明显高于全国陆域自然保护区占国土面积 15%这一比例。面积的变化可以划分为 3 个阶段:1985—1993 年西藏自然保护区面积增加速度高于全国,面积占比整体逐渐增加的阶段;1993—

2002 年西藏自然保护区面积增加速度要缓于全国,面积占比逐步下降的阶段;2002—2015 年西藏自然保护区面积增加速度和全国基本持平,面积占比基本稳定的阶段(图 1)。

全自治区 23 个国家级和省级自然保护区涵盖内陆湿地、森林生态、野生动物、地质遗迹、荒漠生态和野生植物 6 个类型。内陆湿地型自然保护区数量最多,有 10 个;森林生态和野生动物类型自然保护区各有 4 个;地质遗迹类自然保护区有 3 个。羌塘国家级自然保护区类型为荒漠生态,面积最大,占整个自治区自然保护区总面积的 72.2%。就主要保护对象而言,23 个自然保护区中,有 12 个主要保护对象是或包含湿地生态系统;有 5 个主要保护对象是或包含森林生态系统;有 2 个主要保护对象是或包含荒漠生态系统;有 6 个主要保护对象是或包含黑颈鹤、藏羚羊、马鹿等珍稀野生动物;3 个地质遗迹类的保护区主要保护对象为地热喷泉群、土林、枕状岩溶[19,31]。总体而言,西藏已建立的国家级和省级自然保护区面积大、类型全,其主要保护对象较全面地保护了高原脆弱生态系统和国家重点保护野生动植物。

3.2 空间分布特征

总体而言西藏自治区国家级和省级自然保护区在全区分布较为均匀,中部相对较多(图 2)。国家级自然保护区在自治区西南部没有分布,省级保护区从自治区西部到东部均有分布,中部居多。

就保护区类型的空间分布而言,保护内陆湿地生态系统的自然保护区大致分布在北纬 31°线附近;保护荒漠生态系统的羌塘自然保护区分布在西北部,面积较大;札达土林自然保护区分布在西部,在地质遗迹类自然保护区中面积最大;野生动物类保护区分布在自治区的中东部,以色林错保护区面积最大;主要保护对象为森林生态的自然保护区分布在东部,以及南部的珠穆朗玛峰自然保护区;野生植物类自然保护区巴结巨柏面积只有 0.08km^2,分布在藏东部(藏 44)。

从空间分布的变迁来看,1990 年时只有 4 个国家级和自治区级自然保护区,其中珠穆朗玛峰自然保护区分布在自治区南部,其余 3 个分布在自治区东南部。2000 年时,国家级和省级自然保护区的数量增至 14 个,分布也由东南部往中西部扩展,表明保护区的分布趋于均衡,类型也更加全面。至 2014 年,国家级和省级自然保护区增至 23 个,新增的 9 个自然保护区有 8 个为内陆湿地型,分布在自治区中部。

3.3 自然保护区空间布局评估

3.3.1 与人类活动强度的关系

自然保护区与 1990 年西藏人类活动强度的空间关系如图 3 所示。人类活动强度变化范围为 0—43(0 表示人类活动强度最小,是基于当前考虑的人类活动因子计算而得,不表示绝对没有人类活动,43 表示人类活动强度最大),全区的人类活动强度平均为 2.69。从图 3 可以看到,自治区西部的自然保护区人类活动强度较小,如羌塘自然保护区和札达土林自然保护区几乎没有人类活动。中东部的部分自然保护区内部存在人类活动强度较大的区域,如雅鲁藏布江中游河谷黑颈鹤、拉鲁湿地、日喀则群让等自然保护区直接分布在西藏自治区社会经济的中心“一江两河(雅鲁藏布江中游及其支流拉萨河和年楚河)”地区。西藏所有国家级和省级自然保护区的人类活动强度为 1.39,约为整个自治区 2.69 的一半。随着人类活动强度的增加,对应自然保护区的面积在逐渐减少(图 3)。人类活动强度为 0 的自然保护区面积约为 16.36×10^{4}km^2;人类活动强度增至 3 时,对应保护区面积下降为 0.94×10^{4}km^2。人类活动强度大于 3 的所有保护区面积为 3.32×10^{4}km^2,只占保护区总面积的 7.84%。

上述结果表明西藏自然保护区设立时其内部人类活动强度整体较小。因此,虽然自治区保护区面积占国土面积的 1/3 以上,但保护的过程并没有大量的人类开发活动需要迁出保护区;而且也不会因为对保护区内人类活动的限制,而明显影响西藏的经济发展。表明西藏自然保护区的空间分布与人类活动的矛盾不突出,空间布局总体合理。在 23 个保护区中,有 11 个保护区的人类活动强度小于西藏全区平均值,剩下 12 个大于全区平均值(表 1)。表明西藏自治区部分自然保护区的分布与人类活动是存在矛盾的,还需要对其布局进行优化。

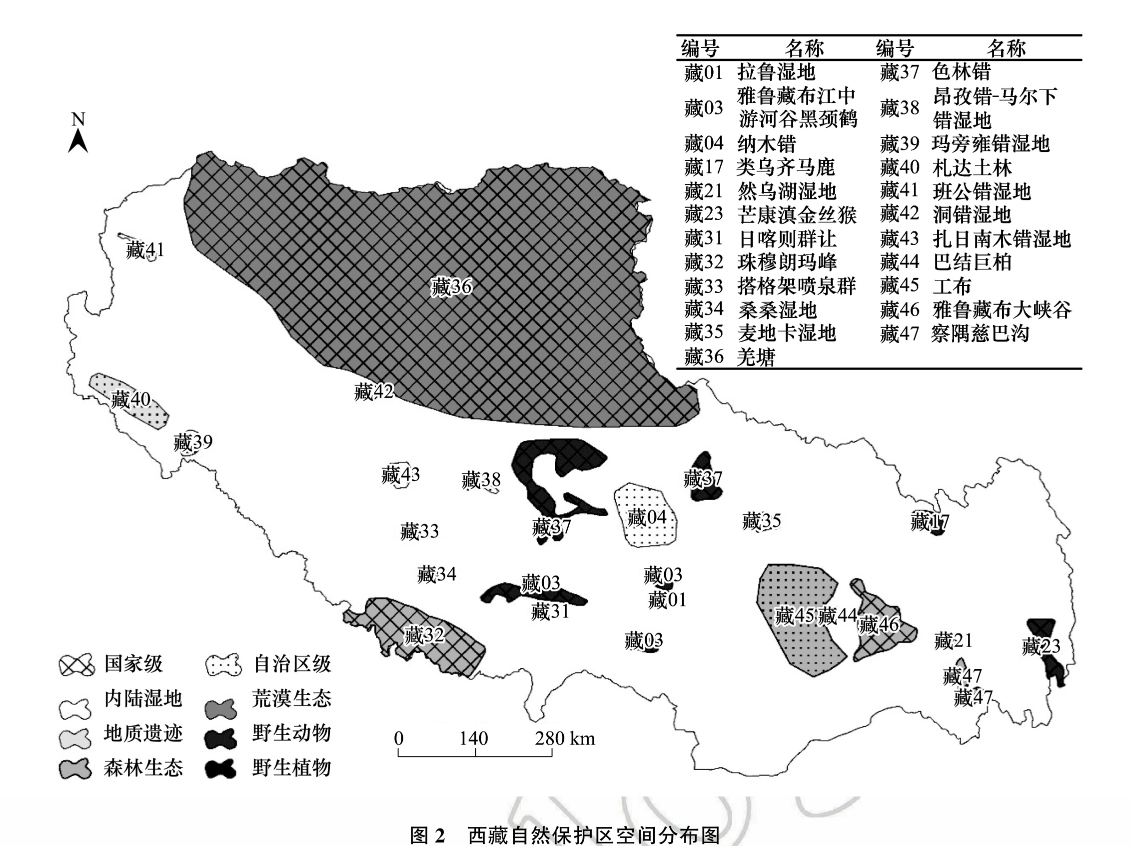


图 2　西藏自然保护区空间分布图

Fig.2　Spatial distribution of national and provincial nature reserves in the Tibet Autonomous Region

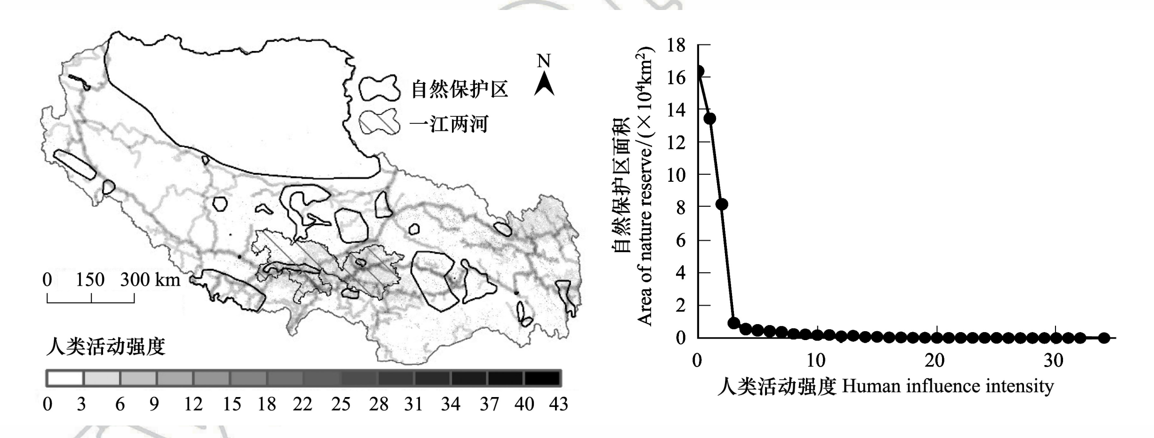


图 3　西藏国家级和省级自然保护区空间分布与人类活动强度的关系

Fig.3　Spatial pattern of nature reserves in the Tibet Autonomous Region and its relationship with human influence intensity

表 1　西藏 23 个国家级和自治区级自然保护区 1990 年的人类活动强度平均值

Table 1　Mean human influence intensity (HII) of 23 nature reserves in the Tibet Autonomous Region for 1990

保护区名称 Names of nature reserve	人类活动强度 HII	保护区名称 Names of nature reserve	人类活动强度 HII	保护区名称 Names of nature reserve	人类活动强度 HII
拉鲁湿地	12.32	搭格架喷泉群	2.50	班公错湿地	4.09
雅鲁藏布江中游黑颈鹤	6.89	桑桑湿地	17.77	洞错湿地	4.02
纳木错	2.20	麦地卡湿地	1.22	扎日南木错湿地	0.64
类乌齐马鹿	4.20	羌塘	0.80	巴结巨柏	0.00
然乌湖湿地	10.46	色林错	1.56	工布	3.52
芒康滇金丝猴	6.87	昂孜错-马尔下错湿地	0.14	雅鲁藏布大峡谷	1.94
日喀则群让	6.00	玛旁雍错湿地	4.81	察隅慈巴沟	1.85
珠穆朗玛峰	5.00	札达土林	1.61	所有保护区	1.39

3.3.2 与生态地理区的空间关系

西藏自治区 8 个生态地理区内均有自然保护区的分布(图 4a)。就各个生态地理区内自然保护区类型来看,羌塘高原湖盆等 3 个生态地理区内保护区类型有 4 类(生态地理区名称可参见表 2),阿里山地等 2 个生态地理区内保护区类型有 2 类,昆仑高山高原等 3 个生态地理区内保护区类型有 1 类。总体而言,每个生态地理区内自然保护区的类型和主要保护对象存在较好的区内独立性和区间互补性(表 2)。

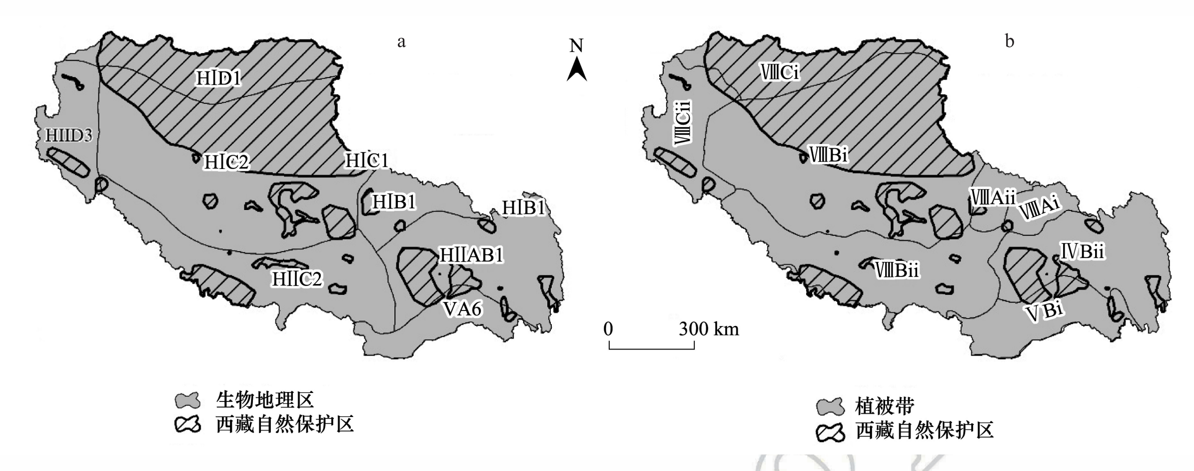


图 4 各生态地理区和植被带内西藏国家级和省级自然保护区分布

Fig.4 Distribution of national and provincial nature reserves of the Tibet Autonomous Region in each eco-geographic and vegetation zone

表 2 各生态地理区内西藏国家级和省级自然保护区数量、面积和密度

Table 2 The amount, area, and density of national and provincial nature reserves of the Tibet Autonomous Region in each eco-geographic region

生态地理区(代码) Eco-geographic region(Code)	类型 Types of nature reserve	自然保护区面积占生态地理区面积的比例/% Proportion of the area of the nature reserve to that of the eco-geographic region	自然保护区密度/(个/万 km^2) Densities of nature reserve
昆仑高山高原(HⅠD1) Kunlun alpine plateau(HⅠD1)	荒漠生态	95.56	0.03
阿里山地(HⅡD3) Ali mountain(HⅡD3)	地质遗迹, 内陆湿地	9.64	0.32
青南高原宽谷(HⅠC1) South Qinghai Plateau Valley(HⅠC1)	荒漠生态	28.50	0.01
羌塘高原湖盆(HⅠC2) Qiangtang plateau lake basin(HⅠC2)	地质遗迹, 荒漠生态, 内陆湿地, 野生动物	48.61	0.14
果洛那曲丘状高原(HⅠB1) Guoluo-Nagqu hilly plateau(HⅠB1)	内陆湿地, 野生动物	6.27	0.17
川西藏东高山深谷(HⅡA/B1) West Sichuan and east Tibet high mountains and deep valleys(HⅡA/B1)	内陆湿地, 森林生态, 野生动物, 野生植物	17.15	0.30
东喜马拉雅南翼(ⅤA6) South side of east Himalayan(ⅤA6)	森林生态	6.48	0.16
藏南山地(HⅡC2) South Tibet mountains(HⅡC2)	内陆湿地, 森林生态, 野生动物, 地质遗迹	12.89	0.28

各个生态地理区内自然保护区面积占比差异较大(表 2),昆仑高山高原区里自然保护区面积占比达到了 95.56%,而果洛那曲丘状高原区内保护区面积占比只有 6.27%,面积占比的方差达到 913.93。考虑到各个生态地理区面积不同,本研究进一步计算了各个生态地理区的自然保护区密度(表 2)。密度最大的生态地理区是阿里山地,为 0.32。川西藏东高山深谷和藏南山地紧随其后,分别为 0.30 和 0.28。青南高原宽谷的自然保护区密度最小,是 0.01。各个生态地理区内自然保护区密度的方差为 0.02,表明各个生态地理区内保护区密

度整体较为接近。

3.3.3　与植被带的空间关系

西藏自治区 8 个植被带内全部有自然保护区分布(图 4b)。就各个植被带内自然保护区的类型而言(表 3),同生态地理区类似,每个植被带内自然保护区的类型和主要保护对象,亦存在较好的带内独立性和带间互补性。

各个植被带内自然保护区面积占比差异较大,高寒荒漠地带保护区面积占比为 93.18%(植被带名称可参见表 3),为最高值;高寒灌丛/草甸地带保护区面积占比只有 2.16%。保护区面积占比的方差达 977.05。本文进一步计算了各个植被带内自然保护区的密度。温性荒漠地带自然保护区密度最高,为 0.32;其次是亚热带山地寒温性针叶林地带,为 0.3。自然保护区分布密度最小的是高寒荒漠地带,只有 0.03。各个植被带自然保护区密度的方差为 0.01,可以看到,各个植被带内保护区密度较为接近。

表 3　各植被带内西藏国家级和省级自然保护区数量、面积和密度

Table 3　The amount, area, and density of national and provincial nature reserves of the Tibet Autonomous Region in each vegetation zone

植被带(代码) Vegetation zone(Code)	类型 Types of nature reserve	自然保护区面积占植被带面积的比例/% Proportion of the area of the nature reserve to that of the vegetation zone	自然保护区密度/(个/万 km²) Densities of nature reserve
高寒草原地带(ⅧBi) Alpine grassland zone (ⅧBi)	地质遗迹,荒漠生态,内陆湿地,野生动物	54.42	0.14
高寒灌丛/草甸地带(ⅧAi) Alpine shrubs / meadows zone (ⅧAi)	内陆湿地	2.16	0.23
高寒草甸地带(ⅧAii) Alpine meadow zone (ⅧAii)	内陆湿地,野生动物	8.13	0.05
亚热带山地寒温性针叶林地带(ⅣBiii) Subtropical mountainous temperate coniferous forest zone (ⅣBiii)	内陆湿地,森林生态,野生动物,野生植物	16.13	0.30
高寒荒漠地带(ⅧCi) Alpine desert zone (ⅧCi)	荒漠生态	93.18	0.03
温性荒漠地带(ⅧCii) Warm desert zone(ⅧCii)	地质遗迹,荒漠生态,内陆湿地	14.46	0.32
温性草原地带(ⅧBii) Warm grassland zone(ⅧBii)	地质遗迹,内陆湿地,森林生态,野生动物	10.42	0.25
北热带季节雨林、半常绿季雨林(ⅤBi) Northern tropical seasonal rain forest, semi-evergreen monsoon rain forest(ⅤBi)	森林生态	13.36	0.19

各个生态地理区或植被带内自然保护区的类型存在较好的区(带)内独立性和区(带)间互补性,各个区(带)内自然保护区的密度较为接近,表明从类型和数量的角度来看,当前自然保护区的布局基本均衡合理。但保护区面积占比在各个区(带)差异较大,对于保护区面积占比很小的区(带)而言,则有可能其保护对象不能得到很好的保护。

4　讨论

对自然保护区空间布局进行合理性评估,是优化自然保护区网络、规划国家公园体系、保障国家与区域生态安全的科学基础。本研究在对西藏自然保护区现状特征进行分析的基础上,从人文和自然两个角度对西藏自然保护区的空间布局进行了评估。与前人相比,本研究的主要在以下几个方面进行了思考:①从全局的角度对自然保护区进行分析和评估,研究结果可以用于自然保护区空间布局的优化,甚至国际保护地体系和世界自然保护联盟(IUCN)保护地体系的完善;②从“保护”与“发展(人类活动强度)”这一对矛盾的角度对自然保护区空间布局合理性进行评估,有助于明确哪些保护区的空间分布需要调整,哪些保护区的保护措施需要

进一步加强等。此外,本研究绘制了部分空间分布不明确的国家级和自治区级保护区分布图,可用于保护区功能区划[32]和保护成效评估等研究。

本研究也存在一些不确定性。如部分保护区的空间分布信息较少,只能进行大致勾画,其合理性还有待实地验证。此外,由于数据的缺失,人类活动强度评估当前只考虑了 4 个因子,实际上对生态环境带来扰动的因子很多,如污染、旅游、水电站、采矿等,在接下来的研究中需要收集更多数据获得更完善的人类活动强度。还有就是地市县级自然保护区的分布范围,以及对于自然保护区的规划和管理具有重要意义的功能区划与制图等[32],本研究亦未进行讨论。在以后的研究中,应继续强化自然保护区的基础研究工作,明确自然保护区及其功能区范围等[8, 14]。还可以采用其他指标,如生态系统服务等保护目标来评估自然保护区空间布局的合理性等[3]。

5 结论

(1)截至 2015 年底,西藏共建有自然保护区 47 个,面积达 $41.37\times10^4 km^2$。内陆湿地型自然保护区数量最多。国家级和省级自然保护区共 23 个,全面地保护了西藏脆弱生态系统和国家重点保护野生动植物。

(2)西藏国家级和省级自然保护区在全区分布较为均匀,中部相对较多。1990—2015 年,国家级和省级自然保护区由西藏东南部往中西部扩展,分布及类型逐步趋于均衡合理。

(3)西藏国家级和省级自然保护区的平均人类活动强度为 1.39,约是整个自治区 2.69 的一半,与人类活动空间分布的矛盾不突出;部分自然保护区内部人类活动强度较大,还需进一步缓解保护与发展的矛盾、优化布局。

(4)从自然角度看,每个生态地理区和植被带内自然保护区类型存在较好的内部独立性和外部互补性,各个区(带)内自然保护区密度较接近,但各个区(带)内自然保护区面积占比差异较大,空间布局还需优化。

参考文献(References):

[1] Soutullo A. Extent of the global network of terrestrial protected areas. Conservation Biology, 2010, 24(2): 362-363.

[2] Jenkins C N, Joppa L. Expansion of the global terrestrial protected area system. Biological Conservation, 2009, 142(10): 2166-2174.

[3] Xu W H, Xiao Y, Zhang J J, Yang W, Zhang L, Hull V, Wang Z, Zheng H, Liu J G, Polasky S, Jiang L, Xiao Y, Shi X W, Rao E M, Lu F, Wang X K, Daily G C, Ouyang Z Y. Strengthening protected areas for biodiversity and ecosystem services in China. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2017, 114(7): 1601-1606.

[4] Chen Y H, Zhang J, Jiang J P, Nielsen S E, He F L. Assessing the effectiveness of China's protected areas to conserve current and future amphibian diversity. Diversity & Distributions, 2017, 23(2): 146-157.

[5] Geldmann J, Barnes M, Coad L, Craigie I D, Hockings M, Burgess N D. Effectiveness of terrestrial protected areas in reducing habitat loss and population declines. Biological Conservation, 2013, 161: 230-238.

[6] Ervin J. Rapid assessment of protected area management effectiveness in four countries. Bioscience, 2003, 53(9): 833-841.

[7] de Almeida L T, Olímpio J L S, Pantalena A F, de Almeida B S, de Oliveira Soares M. Evaluating ten years of management effectiveness in a mangrove protected area. Ocean & Coastal Management, 2016, 125: 29-37.

[8] 陈吉宁. 关于自然保护区建设和管理工作情况的报告. (2016-07-01) [2016-08-25]. http://www.cecrpa.org.cn/sxyw/zx/8649.htm.

[9] Faith D P, Walker P A. Integrating conservation and development: effective trade-offs between biodiversity and cost in the selection of protected areas. Biodiversity & Conservation, 1996, 5(4): 431-446.

[10] Twyman C. Natural resource use and livelihoods in Botswana's wildlife management areas. Applied Geography, 2001, 21(1): 45-68.

[11] Li J S, Wang W, Axmacher J C, Zhang Y Y, Zhu Y P. Streamlining China's protected areas. Science, 2016, 351(6278): 1160-1160.

[12] 夏欣, 王智, 徐网谷, 张昊楠, 周大庆, 蒋明康. 中国自然保护区管理机构建设面临的问题与对策探讨. 生态与农村环境学报, 2016, 32(1): 30-34.

[13] 徐网谷, 王智, 钱者东, 张昊楠, 范鲁宁, 蒋明康. 我国自然保护区范围界定和有效保护面积现状研究. 生态与农村环境学报, 2015, 31(6): 791-795.

[14] 陈雅涵, 唐志尧, 方精云. 中国自然保护区分布现状及合理布局的探讨. 生物多样性, 2009, 17(6): 664-674.

[15] Qiu J. The third pole. Nature, 2008, 454(7203): 393-396.

[16] Yao T D, Thompson L G, Mosbrugger V, Zhang F, Ma Y M, Luo T X, Xu B Q, Yang X X, Joswiak D R, Wang W C, Joswiak M E, Devkota L P, Tayal S, Jilani R, Fayziev R. Third pole environment (TPE). Environmental Development, 2012, 3: 52-64.

[17] Wu R D, Zhang S, Yu D W, Zhao P, Li X H, Wang L Z, Yu Q, Ma J, Chen A, Long Y C. Effectiveness of China's nature reserves in representing ecological diversity. Frontiers in Ecology and the Environment, 2011, 9(7): 383-389.

[18] 张镱锂, 吴雪, 祁威, 李士成, 摆万奇. 青藏高原自然保护区特征与保护成效简析. 资源科学, 2015, 37(7): 1455-1464.

[19] 刘务林. 西藏自然和生态. 拉萨: 西藏人民出版社, 2007.

[20] Zhang Y L, Hu Z J, Qi W, Wu X, Bai W Q, Li L H, Ding M J, Liu L S, Wang Z F, Zheng D. Assessment of effectiveness of nature reserves on the Tibetan Plateau based on net primary production and the large sample comparison method. Journal of Geographical Sciences, 2016, 26(1): 27-44.

[21] Weckerle C S, Yang Y P, Huber F K, Li Q H. People, money, and protected areas: the collection of the caterpillar mushroom *Ophiocordyceps sinensis* in the *Baima Xueshan* nature reserve, Southwest China. Biodiversity & Conservation, 2010, 19(9): 2685-2698.

[22] 王斌, 彭波涌, 李晶晶, 普穷, 胡慧建, 马建章. 西藏珠穆朗玛峰国家级自然保护区鸟类群落结构与多样性. 生态学报, 2013, 33(10): 3056-3064.

[23] Wang L Y, Chen A Z, Gao Z F. An exploration into a diversified world of national park systems: China's prospects within a global context. Journal of Geographical Sciences, 2011, 21(5): 882-896.

[24] 曲格平. 中国自然保护纲要. 北京: 中国环境科学出版社, 1987.

[25] 孙鸿烈, 郑度. 青藏高原形成演化与发展. 广州: 广东科技出版社, 1998.

[26] 张荣祖, 郑度, 杨勤业. 西藏自然地理. 北京: 科学出版社, 1982.

[27] Myers N, Mittermeier R A, Mittermeier C G, da Fonseca G A B, Kent J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature, 2000, 403(6772): 853-858.

[28] Venter O, Sanderson E W, Magrach A, Allan J R, Beher J, Jones K R, Possingham H P, Laurance W F, Wood P, Fekete B M, Levy M A, Watson J E M. Sixteen years of change in the global terrestrial human footprint and implications for biodiversity conservation. Nature Communications, 2016, 7: 12558.

[29] 张荣祖, 李炳元, 张豪禧, 刘林山. 中国自然保护区区划系统研究. 北京: 中国环境科学出版社, 2012.

[30] Ouyang Z Y, Zheng H, Xiao Y, Polasky S, Liu J G, Xu W H, Wang Q, Zhang L, Xiao Y, Rao E M, Jiang L, Lu F, Wang X K, Yang G B, Gong S H, Wu B F, Zeng Y, Yang W, Daily G C. Improvements in ecosystem services from investments in natural capital. Science, 2016, 352(6292): 1455-1459.

[31] Sanderson E W, Jaiteh M, Levy M A, Redford K H, Wannebo A V, Woolmer G. The human footprint and the last of the wild. Bioscience, 2002, 52(10): 891-904.

[32] 呼延佼奇, 肖静, 于博威, 徐卫华. 我国自然保护区功能分区研究进展. 生态学报, 2014, 34(22): 6391-6396.